

DOI: 10.7524/AJE.1673-5897.20120710001

曹雪艳, 王会利, 张弛, 等. 9种杀虫剂对中华大刀螂幼虫的毒性[J]. 生态毒理学报, 2013, 8(3): 435-441

Cao X Y, Wang H L, Zhang C, et al. Toxicity of nine kinds of insecticides to *Paratenodera sinensis* Saussure larva [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2013, 8(3): 435-441 (in Chinese)

9种杀虫剂对中华大刀螂幼虫的毒性

曹雪艳, 王会利, 张弛, 张杰, 王继红, 郑林, 李建中*

中国科学院生态环境研究中心 环境生物技术重点实验室, 北京 100085

摘要: 螳螂是田间控制害虫种群增加的重要捕食性天敌之一。以中华大刀螂3龄幼虫(*Paratenodera sinensis* Saussure)为受试生物, 利用9种常用杀虫剂配制成不同浓度梯度的药剂, 通过喷雾法直接暴露, 分别测定了 LC_{50} 和死亡率来评价不同杀虫剂对中华大刀螂毒性和危害程度的影响。结果显示, 9种杀虫剂对中华大刀螂幼虫的毒性(LC_{50} 值)差异很大, 用药后24 h的 LC_{50} 在0.7182~347.7962 $mg \cdot L^{-1}$ 之间, LC_{95} 在8.8057~1734.5650 $mg \cdot L^{-1}$ 之间; 用药后48 h的 LC_{50} 在0.3564~193.6887 $mg \cdot L^{-1}$ 之间, LC_{95} 在3.8958~1548.3258 $mg \cdot L^{-1}$ 之间; 用药后72 h的 LC_{50} 在0.2232~115.3391 $mg \cdot L^{-1}$ 之间, LC_{95} 在1.7730~530.6462 $mg \cdot L^{-1}$ 之间。不同杀虫剂对中华大刀螂幼虫的毒性差异最高达到543.46倍。毒性大小依次为: 高效氯氟氰菊酯 > 啶虫脒 > 联苯菊酯 > 毒死蜱 > 噻虫嗪 > 茚虫威 > 吡虫啉 > 阿维菌素 > 苏云金杆菌原粉(Bt)。根据田间推荐浓度处理的死亡率判断, 毒死蜱、联苯菊酯、啶虫脒、高效氯氟氰菊酯为有害水平, Bt为中度有害水平, 吡虫啉、茚虫威、噻虫嗪为微害水平, 阿维菌素接近无害水平。根据 LC_{50} 与田间推荐浓度的比值判断, 阿维菌素、吡虫啉对螳螂种群数量不会产生太大影响; Bt、茚虫威和噻虫嗪对螳螂种群数量会产生一定危害; 而毒死蜱、啶虫脒、联苯菊酯和高效氯氟氰菊酯将严重影响螳螂种群数量的稳定性。在24~72 h范围内, 不同杀虫剂 LC_{50} 和 LC_{95} 随施药时间的延长而降低, 说明暴露时间越长毒性越大, 危害程度也越大。建议在中华大刀螂生活范围内减少高效氯氟氰菊酯、联苯菊酯、啶虫脒和毒死蜱的施用, 推荐杀虫剂田间使用量时, 除考虑对防治对象的防效, 还应考虑对天敌种群的危害, 提高药剂使用安全性, 保护天敌种群的稳定性。

关键词: 杀虫剂; 中华大刀螂; 毒性; 致死中浓度

文章编号: 1673-5897(2013)3-435-07 中图分类号: X171.5 文献标识码: A

Toxicity of Nine Kinds of Insecticides to *Paratenodera sinensis* Saussure Larva

Cao Xueyan, Wang Huili, Zhang Chi, Zhang Jie, Wang Jihong, Zheng Lin, Li Jianzhong*

Key Laboratory of Environmental Biological Technology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Received 10 July 2012 accepted 17 September 2012

Abstract: Mantis is one of the important predators in fields to control pest populations. In this study, the 3-instar mantis (*Paratenodera sinensis* Saussure) was exposed to different concentrations of nine kinds of commonly used insecticides. LC_{50} and mortality were measured to evaluate the toxicity of various insecticides to mantis. The results showed that there was significant difference in toxicity (LC_{50}) to mantis between these insecticides. After mantis exposed to the insecticides for 24 h, the range of LC_{50} values was in 0.7182~347.7962 $mg \cdot L^{-1}$, and that of LC_{95}

收稿日期: 2012-07-10 录用日期: 2012-09-17

基金项目: 化学品毒性高通量生物测试与评价技术(2012AA06A302); 科技部863计划资源环境领域重大项目

作者简介: 曹雪艳(1984-), 女, 硕士, 研究方向为生态毒理学, E-mail: cxyipc@yahoo.com.cn;

* 通讯作者(Corresponding author) E-mail: jzli@cees.ac.cn

values was in $8.8057 \sim 1734.5650 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. After mantis 48 h exposure to the insecticides, LC_{50} and LC_{95} values were in the range of $0.3564 \sim 193.6887 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and $3.8958 \sim 1548.3258 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, respectively. LC_{50} values were $0.2232 \sim 115.3391 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, and the LC_{95} values were $1.7730 \sim 530.6462 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ after a 72 h exposure to the insecticides. The most significant difference among the toxicity of the insecticides to mantis was up to 543.46 times. The order of toxicity to mantis was λ -cyhalothrin > acetamiprid > bifenthrin > chlorpyrifos > thiamethoxam > indoxacarb > imidacloprid > abamectin > *Bacillus thuringiensis* (Bt). According to the mortality of mantis tested in recommended in field doses of insecticides, to mantis, chlorpyrifos, bifenthrin, acetamiprid and λ -cyhalothrin were toxic, Bt was in a moderate level. Imidacloprid, indoxacarb and thiamethoxam were in very low toxicity, and abamectin was nearly harmless. According to the ratio of LC_{50} to field recommended concentration, the use of abamectin and imidacloprid did not affect the mantis population. While Bt, indoxacarb and thiamethoxam could influence mantis population, and chlorpyrifos, acetamiprid, bifenthrin and λ -cyhalothrin seriously affected the stability of the population. In the exposure time range of 24 to 72 h, LC_{50} and LC_{95} of pesticides decreased with increase of exposure time, indicating that toxic effect of pesticides was proportional to exposure time. Therefore, λ -cyhalothrin, bifenthrin, acetamiprid and chlorpyrifos were suggested to reduce the application to mantis's living areas. To the recommended field usage, not only the effects of pest control but also the hazards to natural enemies should be considered to increase the use safety of pesticide and protect the stability of natural enemy population.

Keywords: insecticide; *Paratenodera sinensis* Saussure; toxicity; LC_{50}

中华大刀螂(*Paratenodera sinensis* Saussure)属螳螂科(Mantidae),是田间控制害虫种群增加的重要捕食性天敌之一^[1-3]。螳螂几乎可以猎食所有的昆虫,特别喜食蝗虫、双翅目幼虫以及同翅目、鳞翅目昆虫等^[4]。20世纪80—90年代,国内学者主要研究了螳螂生物学、生态学和分类学。如葛德燕等^[5-6]对螳螂桑螵蛸的药用价值和螳螂分类学进行了研究;冯照军等^[7]对螳螂卵块孵化进行了研究;陶长银等^[2]对螳螂卵块空间分布型进行了研究。到21世纪初期,杨朗等^[3]和周兴苗等^[8]等进一步研究了螳螂捕食性功能反应和生长发育环境。在国外,螳螂除了在生物防治方面有广泛的应用之外,还成为动物行为学、生理学、生态学、细胞生物学和分子生物学等学科研究的模式昆虫之一,目前已引起较多关注^[6,9-10]。而有关螳螂生态毒理学方面的研究尚未见报道。

随着我国化学杀虫剂的普遍使用,天敌自然控制作用受到严重破坏,这引起了研究人员的极大关注^[11-12]。农药直接或间接地对天敌昆虫的诸多方面产生影响,如影响天敌昆虫的行为和取食^[13],降低天敌繁殖率,猎物的杀伤导致天敌食物源减少^[14],甚至导致天敌死亡^[15]等。中华大刀螂作为一种重要的田间天敌种群,其种群密度的数量和质量对田间害虫的自然控制作用有着重大的科研意

义,因此,了解杀虫剂对中华大刀螂的毒性,对合理使用杀虫剂,保护中华大刀螂种群,稳定其生物防治功能具有重要的生产意义和生态保护价值。

研究了国内农药市场常用的9种杀虫剂对中华大刀螂的毒性,探讨和了解了不同种类杀虫剂对中华大刀螂的危害程度,为选择性使用农药,保护中华大刀螂田间种群提供了理论依据,还为今后评价杀虫剂对天敌种群动态和生物防治奠定了基础。

1 材料与方法(Materials and methods)

1.1 供试材料

1.1.1 供试虫源

从北京市郊区采集中华大刀螂卵块,置于智能可控温室内($3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}$),室内温度(25 ± 2) $^{\circ}\text{C}$,湿度(65 ± 5)%,16 h(L):8 h(D)光照条件下孵出中华大刀螂幼虫^[2,7]。模拟螳螂户外生存环境,将螳螂幼虫散养于可控温室内,放置大量攀爬物和食材。在幼虫期,龄期与杀虫剂感受性呈负相关^[16],而且螳螂1~2龄幼虫自残率极高,无活虫饲养不易成活^[6,17],因此挑选生长发育一致、虫体活跃的中华大刀螂3龄幼虫作为供试试虫。

1.1.2 供试虫源食材

在智能可控温室内,使用塑料置物盒($30 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$)培养大量蚕豆苗并繁殖豌豆修尾蚜(*Me-*

goura japonica) 饲养1~3龄蝗螂幼虫。人工繁殖黄粉虫(*Tenebrio molitor*) 饲养大龄蝗螂幼虫及成虫。

1.1.3 供试农药

97% 毒死蜱原粉、95% 茚虫威原粉、98% 联苯菊酯原粉、95% 高效氯氟氰菊酯原粉、95% 吡虫啉原粉、98% 噻虫嗪原粉、99.7% 啉虫脒原粉、50 000 IU·mg⁻¹ 苏云金杆菌原粉(Bt)、95% 阿维菌素原粉,以上农药均由北京有机农业技术发展中心提供。

1.1.4 供试仪器和试剂

赛多利斯万分之一天平(德国艾科勒) 9 cm 塑料培养皿(江苏康健医疗用品有限公司), 喉头喷雾器(上海嘉定医疗设备厂)。国产化学纯吐温80(西陇化工股份有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 毒性测定方法

由于中华大刀螂幼虫虫体活动强度大,采用麻醉-喷雾法测定杀虫剂对中华大刀螂幼虫的毒性。先用丙酮溶解供试原粉,再用体积分数为10%的吐温80水溶液定容制成母液,最后用纯净水稀释母液制成5个系列浓度梯度的供试试剂。每个浓度分别处理20头中华大刀螂幼虫,重复3次。把幼虫置于500 mL三角瓶(每瓶20头)经CO₂气体轻度麻醉后,均匀散开于自制纱网网面,用40 mL喉头喷雾器处理,至虫体表面略沾细雾为止,待药液晾干后,将试虫分别放入已垫有滤纸的直径9 cm的塑料培养皿中(每皿1头),同时设丙酮+吐温80的空白对照组。测试虫喷雾处理后,加入足量带蚜虫的蚕豆苗作饲料。置于智能可控温室内,在室内温度(25±2)℃,湿度(65±5)% 16 h(L):8 h(D)光照条件下饲养观察。饲养24、48和72 h时,调查测试虫的死亡数(用镊子触碰虫体,无任何反应者视为死虫)。

1.2.2 实验处理

实验浓度按等比数列进行设计,实验药剂设97% 毒死蜱原粉34.01、18.89、10.49、5.83和3.24 mg·L⁻¹;95% 茚虫威原粉61.64、41.09、27.39、18.26和12.17 mg·L⁻¹;98% 联苯菊酯原粉3.92、1.96、0.98、0.49和0.25 mg·L⁻¹;95% 高效氯氟氰菊酯原粉2.11、1.17、0.65、0.36和0.20 mg·L⁻¹;95% 吡虫啉原粉63.45、42.30、28.20、18.80和12.53 mg·L⁻¹;98% 噻虫嗪原粉66.49、44.33、29.55、19.70和13.14 mg·L⁻¹;99.7% 啉虫脒原粉20.54、10.27、5.13、2.57和1.29 mg·L⁻¹;50 000 IU·mg⁻¹ 苏云金杆菌(Bt)原粉560.36、311.31、172.95、96.08和53.38 mg·L⁻¹;95% 阿维菌素原粉

239.25、159.50、106.34、70.89和47.26 mg·L⁻¹。

1.3 数据统计与分析

1.3.1 计算公式

据实验调查原始数据,计算各处理的死亡率,用Abbott公式校正处理组的死亡率,死亡率按式(1)计算,单位为百分率(%)。

$$P_1 = K/N \times 100\% \quad (1)$$

式中: P₁为死亡率; K为死亡虫数; N为处理总虫数。

$$P_2 = (P_1 - P_0) / (100 - P_0) \times 100\% \quad (2)$$

式中: P₂为校正死亡率; P₁为处理死亡率; P₀为空白对照死亡率。

若对照死亡率<5%,无需校正,对照死亡率在5%~20%之间,应按式(2)进行校正;对照死亡率>20%,实验重做。

1.3.2 统计分析

利用SPSS 13.0数据处理软件,按剂量对数、死亡虫数、供试虫数作probit模块^[18](概率单位回归),计算24、48和72 h毒性回归方程、致死中浓度(LC₅₀)、LC₉₅、可决系数(R²)、死亡率或校正死亡率。

1.3.3 相对毒性指数计算

选择微生物杀虫剂苏云金杆菌对中华大刀螂的LC₅₀值为标准。用其他各药剂的LC₅₀值作为除数计算,具体计算方法见式(3)。

相对毒性指数 = 苏云金杆菌的LC₅₀值/其他各药剂的LC₅₀值

$$(3)$$

1.3.4 浓度比计算

浓度比 = 各处理浓度(LC₅₀)/各药剂田间推荐浓度

$$(4)$$

田间推荐浓度 = (有效成分用药量/750 000) × 1 000 000

$$(5)$$

其中,有效成分用药量为该有效成分最低田间用药量。

2 结果(Results)

2.1 供试杀虫剂对中华大刀螂幼虫的室内毒性

由表1中可以看出,9种不同供试杀虫剂对中华大刀螂幼虫的毒性差异很大。不同杀虫剂对中华大刀螂幼虫的毒性差异最高达到543.46倍。毒性大小依次为:高效氯氟氰菊酯>啉虫脒>联苯菊酯>毒死蜱>噻虫嗪>茚虫威>吡虫啉>阿维菌素>苏云金杆菌。此外,随着施药时间的延长,不同杀虫剂对中华大刀螂幼虫的LC₅₀值和LC₉₅值降低。

表1 室内条件下9种杀虫剂对中华大刀螂3龄幼虫的毒性

Table 1 Toxicity of nine kinds of insecticides to 3-instar *Paratenodera sinensis* Saussure in laboratory

供试药剂	时间/h	毒理回归方程	可决系数(R^2)	$LC_{50}/(mg \cdot L^{-1})$	$LC_{95}/(mg \cdot L^{-1})$	相对毒性指数
毒死蜱	24	$Y = 1.4114x - 1.6777$	0.972	15.4395	225.9445	22.53
	48	$Y = 1.3354x - 1.3002$	0.945	9.4120	160.4926	20.58
	72	$Y = 2.0038x - 1.5066$	0.943	5.6477	37.3886	20.42
茚虫威	24	$Y = 1.8770x - 3.0086$	0.986	40.0797	301.4806	8.68
	48	$Y = 2.2276x - 3.1264$	0.970	28.8347	138.6459	6.72
	72	$Y = 2.7438x - 3.5016$	0.752	18.8888	75.1086	6.11
联苯菊酯	24	$Y = 1.5009x - 0.9995$	0.982	4.6334	57.7814	75.06
	48	$Y = 1.1918x - 0.3291$	0.994	1.8886	45.3204	102.56
	72	$Y = 1.4170x + 0.0760$	0.805	0.8839	12.8009	130.49
高效氯氟氰菊酯	24	$Y = 1.5111x + 0.21702$	0.998	0.7182	8.8057	484.26
	48	$Y = 1.5837x + 0.7096$	0.978	0.3564	3.8958	543.46
	72	$Y = 1.8276x + 1.1903$	0.937	0.2232	1.7730	516.75
吡虫啉	24	$Y = 1.4104x - 2.6441$	0.956	74.9292	1098.6636	4.64
	48	$Y = 1.8331x - 2.9971$	0.984	43.1529	340.6641	4.49
	72	$Y = 3.0258x - 4.0832$	0.943	22.3591	78.1571	5.16
噻虫嗪	24	$Y = 1.8097x - 2.8142$	0.903	35.8955	291.0382	9.69
	48	$Y = 1.8263x - 2.4263$	0.814	21.3065	169.4929	9.09
	72	$Y = 2.3744x - 2.8620$	0.743	16.0458	79.0877	7.19
啶虫脒	24	$Y = 1.2192x - 0.7221$	0.956	3.9110	87.3863	88.93
	48	$Y = 1.3490x - 0.4899$	0.994	2.3080	38.2465	83.92
	72	$Y = 1.7587x - 0.4881$	0.956	1.8948	16.3241	60.87
阿维菌素	24	$Y = 2.3874x - 5.5262$	0.974	206.4011	1008.5027	1.69
	48	$Y = 2.4466x - 5.2377$	0.931	138.2927	650.2752	1.40
	72	$Y = 2.6734x - 5.3099$	0.906	96.8682	399.4342	1.19
苏云金杆菌	24	$Y = 2.3570x - 5.9898$	0.976	347.7962	1734.5650	1.00
	48	$Y = 1.8220x - 4.1672$	0.887	193.6887	1548.3258	1.00
	72	$Y = 2.4816x - 5.1169$	0.906	115.3391	530.6362	1.00

2.2 供试杀虫剂对中华大刀螂幼虫死亡率的影响

在自然界中,螳螂种群数量的增长受到多种因素的制约,如自然环境、食物、天敌、自残行为和人类活动等。近几年,杀虫剂成为螳螂种群数量降低的重要因素,而要恢复到原来的水平则需要相当长的时间^[17]。考察各药剂的 LC_{50} 和田间推荐浓度对中华大刀螂幼虫的致死率,为降低各药剂的田间推荐量,控制田间螳螂死亡率,稳定螳螂种群数量提供参考。

由表2可知,以9种杀虫剂的田间推荐浓度处理中华大刀螂3龄幼虫,各杀虫剂毒性的差异很大。参照郭玉杰等^[19]的方法,分4个评价标准:无害(<30%);微害(30%~79%);中度有害(80%~98%);有害(>99%)。24~72h处理中,毒死蜱、联苯菊酯、啶虫脒、高效氯氟氰菊酯接近或超过有害水平,苏云金杆菌接近或超过中度有害水平,吡虫

啉、茚虫威、噻虫嗪接近微害水平,阿维菌素接近无害水平。供试杀虫剂毒性主要集中在有害和微害之间。24h处理中,啶虫脒为中度有害,毒死蜱和联苯菊酯为有害,其余杀虫剂为微害或无害水平;48h处理中,啶虫脒和高效氯氟氰菊酯为中度有害,毒死蜱和联苯菊酯为有害,其余杀虫剂为微害或无害水平;72h处理中,苏云金杆菌为中度有害,啶虫脒、高效氯氟氰菊酯、毒死蜱和联苯菊酯为有害,其余杀虫剂为微害水平。此外,在24~72h处理中,所有供试杀虫剂的毒性均呈现随施药时间的延长而增大的现象。

同时,由表2可见,阿维菌素、吡虫啉的 LC_{50} 明显高于田间推荐浓度,在田间推广应用,若按田间推荐量施用不会对中华大刀螂种群数量产生太大影响;茚虫威、噻虫嗪和苏云金杆菌的 LC_{50} 略超过或接近田间推荐浓度,若按田间推荐量施用对中华大刀

表 2 9 种杀虫剂对中华大刀螂 3 龄幼虫的致死率

Table 2 Mortality of 3-instar *Paratenodera sinensis* Saussure caused by nine kinds of insecticides

供试药剂 (田间推荐浓度) / (mg·L ⁻¹) * 与田间推荐浓度比值	LC ₅₀	LC ₅₀	试虫数 / 头	死亡率 / % *		
				24 h	48 h	72 h
阿维菌素	207.35(20.38)	10.17	60	50.3(8.1)	81.5(21.5)	93.4(36.7)
吡虫啉	76.14(21.75)	3.50	60	53.1(28.4)	72.8(39.4)	95.3(56.2)
茚虫威	41.09(34.78)	1.18	60	49.7(37.2)	62.9(58.2)	72.3(62.3)
噻虫嗪	35.46(43.82)	0.81	60	48.7(45.3)	66.4(62.8)	84.7(74.5)
苏云金杆菌	342.44(605.50)	0.57	60	46.4(57.9)	63.6(73.2)	80.5(94.6)
高效氯氟氰菊酯	0.72(4.05)	0.18	60	50.4(75.4)	77.5(97.6)	83.4(100.0)
联苯菊酯	4.71(31.75)	0.15	60	50.5(100.0)	62.5(100.0)	75.9(100.0)
啶虫脒	3.86(25.96)	0.15	60	48.4(82.1)	57.9(93.3)	63.2(98.8)
毒死蜱	15.74(495.70)	0.03	60	48.5(100.0)	59.1(100.0)	67.9(100.0)

注: * 括号中为田间推荐浓度, 以及田间推荐浓度处理对中华大刀螂 3 龄幼虫的致死率。

螂种群数量会产生一定影响; 而毒死蜱、啶虫脒、联苯菊酯和高效氯氟氰菊酯的 LC₅₀ 明显低于田间推荐浓度, 尤其毒死蜱、啶虫脒和联苯菊酯的 LC₅₀ 与田间推荐浓度的比值更小, 说明此类杀虫剂的田间推荐量远远高于中华大刀螂幼虫可承受范围, 将严重影响螳螂种群数量的稳定性。

3 讨论 (Discussion)

杀虫剂是影响生物防治效果最重要的因素之一, 不同杀虫剂对天敌的影响差异很大^[20]。了解杀虫剂对螳螂的安全性, 对搞好害虫生物防治和主要病虫综合治理有重要意义。

考察了目前应用较广泛的有机磷类、氨基甲酸酯类、拟除虫菊酯类、新烟碱类、微生物类和抗生素类等杀虫剂对中华大刀螂的毒性, 发现各杀虫剂的 LC₅₀ 值差异很大, 这与前人的研究结果相似^[20]。本研究发现, 拟除虫菊酯类、有机磷类和新烟碱类杀虫剂对中华大刀螂幼虫毒性最强。9 种杀虫剂的毒性大小依次为: 高效氯氟氰菊酯 > 啶虫脒 > 联苯菊酯 > 毒死蜱 > 噻虫嗪 > 茚虫威 > 吡虫啉 > 阿维菌素 > 苏云金杆菌。不同杀虫剂对中华大刀螂的毒性不同, 其原因可能是不同杀虫剂的作用机理或生物活性不同。此外, 随着施药时间的延长, 不同药剂对中华大刀螂的 LC₅₀ 值和 LC₉₅ 值降低。这说明, 中华大刀螂幼虫对药剂的短期分解代谢能力不高, 在一定时间范围内, 暴露时间越长毒性越大。因此, 在田间推广施用时应尽量选择对中华大刀螂毒性较低的农药, 保护中华大刀螂的种群数量和质量, 提高天敌种群对害虫的自然控制作用。

结果表明, 以供试 9 种杀虫剂的田间推荐浓度对中华大刀螂 3 龄幼虫进行处理后, 各杀虫剂的毒性存在很大差异。根据死亡率判断, 供试 9 种杀虫剂毒性主要集中在有害和微害之间, 其毒性均呈现随施药时间的延长而增大的现象。根据 LC₅₀ 与田间推荐浓度的比值判断, 阿维菌素和吡虫啉对螳螂种群数量不会产生太大影响; 茚虫威、噻虫嗪和苏云金杆菌对中华大刀螂种群数量会产生一定危害; 而毒死蜱、啶虫脒、联苯菊酯和高效氯氟氰菊酯对中华大刀螂幼虫危害最大。这说明拟除虫菊酯类、有机磷类和新烟碱类杀虫剂的田间推荐量远远高于中华大刀螂幼虫可承受范围, 将严重影响螳螂种群数量的稳定性。

药剂田间使用剂量越高, 则安全系数越低, 其毒性也就越大^[21]。目前常用的大部分杀虫剂若按田间推荐剂量施用, 对中华大刀螂幼虫均有一定危害。若因害虫抗性增强而进一步增大常用杀虫剂的田间推荐剂量, 则抗生素类、微生物类等安全性较高的杀虫剂对螳螂的危害程度也会增加。因此, 根据杀虫剂对天敌安全性的评价范畴, 在推荐各药剂的田间使用剂量时, 除考虑对防治对象的防效, 还应考虑对天敌种群的危害, 提高药剂安全系数, 保护天敌种群的稳定性, 建议在中华大刀螂生活区域范围内, 减少化学农药, 适当增加生物杀虫剂的施用以共同防治害虫。

本实验仅限于室内条件下幼虫阶段的研究, 而田间影响因素较为复杂^[22], 本研究结果不能完全反映药剂在田间对中华大刀螂的毒性。而且, 实验只测定了供试杀虫剂对中华大刀螂 3 龄幼虫在 72 h

内的毒性和死亡率,对卵、成虫等其他虫态的影响未作测定,对药剂的慢性毒性未作探讨,也未研究杀菌剂、除草剂和生物链富集累积对中华大刀螂的致死效应和亚致死效应,对田间其他主要天敌种类的毒性等也尚未明确。所以还需要做大量的研究工作,以达到利用田间天敌种群及其与杀虫剂协调控制害虫的目的。

通讯作者简介:李建中(1963—),理学博士,研究员,博士生导师,主要从事农药环境行为及环境毒理学等方面的研究,从1998年至今承担科技部、农业部、中科院及企业合作课题30多项。

参考文献:

- [1] 温秀军,李文皋,周正甫,等. 中华大刀螂对赤松毛虫幼龄幼虫捕食作用研究初报[J]. 辽宁林业科技, 1991(1): 40-42
- [2] 陶长银,阎光凡,杨星勇,等. 南方刀螂卵块空间分布型及其应用的研究[J]. 昆虫天敌, 1991, 13(4): 167-170
Tao C Y, Yan G F, Yang X Y, et al. Studies on the spatial distribution pattern of egg mass of *Tenodera aridifolia* and its application [J]. *Natural Enemies of Insects*, 1991, 13(4): 167-170 (in Chinese)
- [3] 杨朗,贤振华,邓国荣,等. 广腹螳螂对龙眼长跗萤叶甲功能反应的研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(21): 289-291
Yang L, Xian Z H, Deng G R, et al. The functional response of *Hierodula patellifera* Serville to *Monolepta occifuvus* [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2009, 25(21): 289-291 (in Chinese)
- [4] Moran M D, Hurd L E. A trophic cascade in a diverse arthropod community caused by a generalist arthropod predator [J]. *Oecologia*, 1997, 113(1): 126-132
- [5] 葛德燕,陈祥盛. 桑螵蛸药用历史与研究进展[J]. 山地农业生物学报, 2006, 25(5): 455-460
Ge D Y, Chen X S. The medicinal history and research progress of *Ootheca mantidis* [J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2006, 25(5): 455-460 (in Chinese)
- [6] 葛德燕,陈祥盛. 中国螳螂目昆虫的研究进展[J]. 山地农业生物学报, 2004, 23(6): 525-528
Ge D Y, Chen X S. Advances of research on the Mantodea from China [J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2004, 23(6): 525-528 (in Chinese)
- [7] 冯照军,姚瑞琴,陈金,等. 广腹螳和中华大刀螂卵块孵化的比较研究[J]. 昆虫知识, 2001, 38(5): 358-360
Feng Z J, Rao R Q, Chen J, et al. Comparison of egg hatching in *Hierodula patellifera* and *Tenodera aridifolia sinensis* [J]. *Entomological Knowledge*, 2001, 38(5): 358-360 (in Chinese)
- [8] 周兴苗,姜勇,牛长缨,等. 光温条件对狭翅大刀螂生长发育的影响及其捕食功能研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(8): 1423-1426
Zhou X M, Jiang Y, Niu C Y, et al. Influence of temperature and light on the growth and development of *Tenodera angustipennis* and related preying functional responses [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(8): 1423-1426 (in Chinese)
- [9] Hatle J D, Salazar B A. Aposematic coloration of gregarious insects can delay predation by an ambush predator [J]. *Environmental Entomology*, 2001, 30(1): 51-54
- [10] Rossel S. Binocular vision in insects: How mantids solve the correspondence problem [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1996, 93(23): 13229-13232
- [11] Baveco J M, De Roos A M. Assessing the impact of pesticides on lumbricid populations: An individual-based modeling approach [J]. *Journal of Applied Ecology*, 1996, 33(6): 1451-1468
- [12] Hassan S A, Bigler F, Bogenschütz H, et al. Results of the fifth joint pesticides testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "pesticides and beneficial organisms" [J]. *Entomophaga*, 1991, 36(1): 55-67
- [13] Hull L A, Starner V R. Impact of four synthetic pyrethroids on major natural enemies and pests of apple in Pennsylvania [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1983, 76(1): 122-130
- [14] Tabashnik B E, Croft B A. Managing pesticide resistance in crop-arthropod complexes: Interactions between biological and operational factors [J]. *Environmental Entomology*, 1982, 11(6): 1137-1144
- [15] Croft B A, Brown A W A. Response of arthropod natural enemies to insecticides [J]. *Annual Review of Entomology*, 1975, 20: 285-336
- [16] 陈年春. 农药生物测定技术[M]. 北京: 北京农业人民出版社, 1991: 39-54
- [17] 葛德燕,陈祥盛. 螳螂种群增长制约因素分析[J]. 昆虫知识, 2006, 43(1): 22-26
Ge D Y, Chen X S. Analysis of limiting factors on population growth in preying mantids [J]. *Entomological Knowledge*, 2006, 43(1): 22-26 (in Chinese)
- [18] 贾春生. 利用SPSS软件计算杀虫剂的LC₅₀ [J]. 昆虫知识, 2006, 43(3): 414-416
Jia C S. Calculating the LC₅₀ of insecticides with soft-

- ware SPSS [J]. Chinese Bulletin of Entomology ,2006 , 43(3) : 414 - 416 (in Chinese)
- [19] 郭玉杰,王念英. 农药对天敌安全性的测定方法 [J]. 中国生物防治,1995,11(4) : 174 - 177
- Guo Y J , Wang N Y. Testing methods for evaluating the effect and safety of pesticide on natural enemies , a review [J]. Chinese Journal of Biological Control ,1995 , 11(4) : 174 - 177 (in Chinese)
- [20] 刘同先. 昆虫学研究进展与展望[M]. 北京: 科学出版社,2005: 286 - 288 ,294
- [21] 曾玲,梁广文,吴佳教. 不同种类杀虫剂对美洲斑潜蝇及天敌的作用评价[J]. 华南农业大学学报: 自然科学版,2006 ,25(1) : 44 - 47
- Zeng L , Liang W G , Wu J J. Evaluation of control effect of several insecticides on *Liriomyza sativae* and its natural enemies [J]. Journal of South China Agricultural University ,2006 ,25(1) : 44 - 47 (in Chinese)
- [22] 吴红波,张帆,王素琴,等. 几种常用杀虫剂对异色瓢虫的敏感性测定 [J]. 中国生物防治,2007 ,23(3) : 213 - 217
- Wu H B , Zhang F , Wang S Q , et al. Susceptibility of *Harmonia axyridis* (Pallas) to several insecticides [J]. Chinese Journal of Biological Control , 2007 , 23 (3) : 213 - 217 (in Chinese)
- ◆